

# 女子ジュニアスポーツ選手における大腿直筋の量的・質的指標と身体機能との関連

Relationship between quantitative and qualitative indices of rectus femoris muscle and physical function in junior female athletes

山田悠司\*<sup>1</sup>, 甲斐義浩\*<sup>2</sup>, 幸田仁志\*<sup>3</sup>  
来田宣幸\*<sup>4</sup>, 渡邊裕也\*<sup>5</sup>, 松井知之\*<sup>1</sup>  
平本真知子\*<sup>1</sup>, 宮崎哲哉\*<sup>1</sup>, 森原 徹\*<sup>1</sup>

キー・ワード：Female athlete, Ultrasound, Echo intensity  
女子スポーツ選手, 超音波画像診断装置, 筋輝度

【要旨】 (目的) 女子ジュニアスポーツ選手における大腿直筋の量的・質的指標と身体機能との関連を検討した。(方法) 対象は京の子どもダイヤモンドプロジェクトに参加した女子ジュニアスポーツ選手18名(平均年齢11.4 ± 0.4歳)とした。大腿直筋における筋厚と筋輝度の測定には超音波画像診断装置を用いた。測定部位は右大腿中央部とし、骨格筋の量的指標として大腿直筋厚、質的指標として筋輝度を測定した。身体機能の指標として握力、等尺性膝伸展トルク、立ち幅跳び距離および垂直跳び高を測定した。スピアマンの順位相関係数を用い、大腿直筋厚および筋輝度と身体機能との関係性を検討した。(結果) 大腿直筋厚と等尺性膝伸展トルクとの間に有意な正の相関を認めた( $r=0.86, p<0.01$ )。筋輝度は、立ち幅跳び距離( $r=-0.55, p<0.01$ )と垂直跳び高( $r=-0.59, p<0.05$ )との間に有意な負の相関を示した。(結論) 女子ジュニアスポーツ選手における大腿直筋の筋輝度は、立ち幅跳びや垂直跳びといった跳躍力と関連することが示された。

## 緒言

ジュニアスポーツ選手における競技力の向上には、筋力や持久力などの身体機能の強化に加えて、成長期スポーツ障害の予防を両立することが重要である<sup>1,2)</sup>。両者に関与する身体要因の一つに、骨格筋の発達が挙げられる<sup>3)</sup>。例えば、垂直跳びなどの跳躍動作では、大腿筋群や殿筋群の下肢筋量が跳躍高に直接影響するのみならず、着地時の衝撃

吸収にも貢献している。よって、成長期ジュニアスポーツ選手における競技力向上を多面的に支援するためには、骨格筋の発達状況を簡便に評価できることが望ましい。

一般に、骨格筋の発達は、筋力や跳躍力などの身体機能<sup>3)</sup>や大腿周径<sup>4)</sup>などの形態測定によって評価されてきた。近年では、骨格筋の量的・質的指標として、超音波画像を用いた筋組織厚や筋輝度測定の有用性が示されている<sup>5)</sup>。なかでも、筋輝度測定は、筋内脂肪などの非収縮組織を反映することから、骨格筋の質的指標として関心が高まっている<sup>6)</sup>。一方、筋輝度の妥当性を調査した先行研究は、サルコペニア<sup>7)</sup>や変形性関節症患者<sup>8)</sup>などの高齢者、健常成人<sup>9)</sup>や成人のスポーツ競技者<sup>10)</sup>を対象としており、成長期のジュニアスポーツ選手を対

\*1 丸太町リハビリテーションクリニック

\*2 京都橘大学健康科学部

\*3 関西福祉科学大学保健医療学部

\*4 京都工芸繊維大学基盤科学系

\*5 びわこ成蹊スポーツ大学スポーツ学部

Corresponding author：森原 徹 (toru4271@koto.kpu-m.ac.jp)

象とした研究は見当たらない。

そこで本研究の目的は、成長期の女子ジュニアスポーツ選手を対象に、超音波画像診断装置を用いて、大腿直筋厚および筋輝度を測定し、筋力や跳躍力などの身体機能との関連性について検討することとした。

## 対象および方法

### 1. 対象

対象は、京都府下で開催された、優れた資質のあるジュニアスポーツ選手の発掘・育成に取り組んでいる「京の子どもダイヤモンドプロジェクト」に参加した女子ジュニアスポーツ選手18名とした。対象者の年齢は平均  $11.4 \pm 0.4$  歳、身長は平均  $146.3 \pm 2.0$  cm、体重は平均  $38.7 \pm 1.6$  kg、BMI は  $17.9 \pm 2.7$  kg/m<sup>2</sup> であった。競技種目は、バドミントン5名、フェンシング6名、カヌー4名、ボート2名、スポーツライミング1名であった。なお、本研究への参加に先立ち、選手と保護者に対して事前に本研究の目的と内容について文書で説明をした後、選手本人と保護者から研究への参加の同意を得た。本研究は京都工芸繊維大学倫理委員会の承認を受け実施した（2022-14）。

### 2. 方法

測定項目は、超音波画像診断装置を用いて、大腿直筋の筋組織厚および筋輝度を計測した。また、身体機能として、握力、等尺性膝伸展トルク、立ち幅跳び距離、および垂直跳び高を測定した。

大腿直筋の筋組織厚と筋輝度の測定には、超音波画像装置（SONIMAGE MX1, KONICA MINOLTA 社）と11MHz高感度広帯域プローブ（L11-3）を用いた。測定肢位は背臥位とし、股関節は中間位、膝関節は伸展位とした。測定部位は、右脚の上前腸骨棘と膝蓋骨上縁を結ぶ線の midpoint とし、大腿直筋の短軸像を描出した<sup>11)</sup>。検者は、プローブの圧迫により、軟部組織が変形しないよう配慮して、期間を空けて2回計測を行った。データ処理は、ImageJ software（v1.53e, NIH）を用いて、大腿直筋の筋組織厚および筋輝度について2回の測定値の平均値を代表値として採用した。大腿直筋厚は、大腿直筋における浅層筋膜から深層筋膜までの筋膜を除いた距離を計測し、身長で除し百分率した値を代表値（%）として採用した（図1）。筋輝度の測定条件は、深さを5、フォーカスは3とし、大腿直筋に対して骨や筋膜を含まな

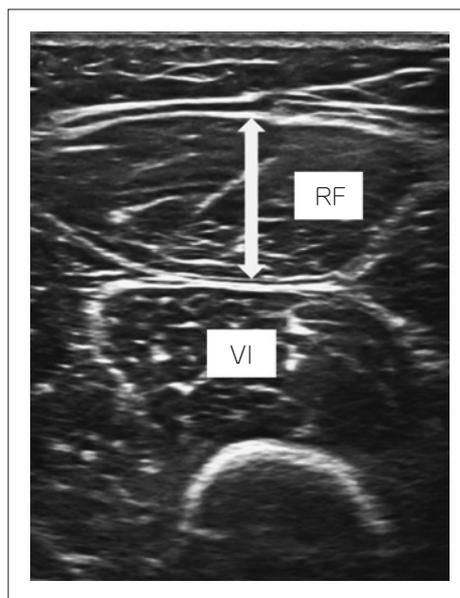


図1 大腿直筋厚の測定  
超音波画像を用いて大腿直筋厚を測定した。筋膜を除いた筋実質の厚さを測定した。  
RF：Rectus femoris 大腿直筋 VI：Vastus intermedius 内側広筋

い範囲で四角形の関心領域（Region of interest：ROI）をできるだけ広く設定し、256階調（0～255）の8bit gray scaleで数値化し、平均値を算出した（図2）。なお、筋輝度の値は、数値が高くなるほど筋内脂肪や結合組織などの非収縮組織が多いことを示す<sup>12)</sup>。

握力は、デジタル握力計（YDD-110, 堤製作所）を用いて測定した<sup>13)</sup>。測定肢位は立位とし、両腕を体側に下げ、リラックスした姿勢をとるよう求めた。握り幅は、対象者が握りやすいよう調整した。測定時に握力計が体に触れないようにし、可能な限り強く握るよう指示した。測定は、左右2回ずつ測定し、0.1kg単位で計測し、最大値を体重で除し、百分率した値を代表値（%）として採用した。

等尺性膝伸展トルクの測定には、BIODEX SYSTEM（Biodex System 3 pro, Biodex medical System 社）を用いた<sup>13)</sup>。測定肢位は股関節屈曲60度、膝関節屈曲90度の座位とした。測定は右脚とし、5秒間の等尺性膝伸展運動を2回行わせた。なお、全試行間には30秒以上の休憩を設けた。最大値トルク値（Nm）を体重で除し、百分率した値を代表値（%）として採用した。

立ち幅跳び距離は、両脚を軽く開き、つま先が踏み切り線の前端に揃うように立ち、両脚ででき



図2 大腿直筋における筋輝度の測定  
骨膜や筋膜を含まないよう関心領域  
(ROI)を四角形で定義した。測定範囲  
は可能な限り広い範囲とした。  
RF: Rectus femoris 大腿直筋 VI:  
Vastus intermedius 内側広筋

るだけ遠くへ跳ぶよう指示した<sup>13)</sup>。なお、上肢に関する特別な指示は行っておらず、反動を用いてもよいものとした。踏み切り線から、着地時の最も踏み切り線に近い位置まで距離を1cm単位で計測した。測定は2回実施し、最大値を身長で除し、百分率した値を代表値(%)として採用した。

垂直跳び高の測定は、デジタル垂直跳び測定器(TKK5406, 竹井機器工業社)を用いた<sup>13)</sup>。測定マットの中央に両足を揃えて立ち、その場でできるだけ高く跳び上がるよう指示した。なお、上肢に関する特別な指示は行っておらず、反動を用いてもよいものとした。測定は2回実施し、1cm単位で計測し最大値を身長で除し、百分率した値を代表値(%)として採用した。

統計解析には、IBM SPSS Statistics Ver.28を用いた。2回の測定における大腿直筋厚および筋輝度測定の検者内信頼性について、級内相関係数を用いて検討した。大腿直筋厚および筋輝度と身体機能項目(体格比百分率)との関係について、スピアマンの順位相関係数を用いて分析した。すべての検定で $p < 0.05$ を有意とした。

## 結 果

各測定項目の実測値と体格比百分率を表1に示した。実測値の平均±標準偏差は、大腿直筋厚:

1.8 ± 0.3cm, 筋輝度: 75.7 ± 10.7, 握力: 22.1 ± 8.3kg, 等尺性膝伸展トルク: 100.6 ± 37.4Nm, 立ち幅跳び距離: 187.3 ± 28.8cm, 垂直跳び高: 43.4 ± 7.8cmであった。また、各体格比百分率の平均±標準偏差は、大腿直筋厚: 1.2 ± 0.2%, 握力: 53.4 ± 10.6%, 等尺性膝伸展トルク: 240.2 ± 40.6%, 立ち幅跳び距離: 125.0 ± 13.6%, 垂直跳び高: 29.0 ± 4.1%であった。また、級内相関係数は、大腿直筋厚で0.983, 筋輝度で0.936であった。

相関分析の結果、身長で補正した大腿直筋厚は、体格で補正した握力、立ち幅跳び距離、垂直跳び高とは相関を認めなかったが、等尺性膝伸展トルクとの間に有意な正の相関を示した( $r=0.54, p=0.02$ )。筋輝度は、立ち幅跳び距離( $r=-0.66, p<0.01$ )、垂直跳び高( $r=-0.61, p<0.01$ )との間に有意な負の相関を示した(表2)。

## 考 察

本研究では、女子ジュニアスポーツ選手を対象に、骨格筋の量的・質的指標と身体機能との関連を検討した。その結果、大腿直筋厚は等尺性膝伸展トルクとの間に有意な相関を示した。また、筋輝度は、立ち幅跳び距離、および垂直跳び高との間に有意な相関を示した。

女子ジュニアスポーツ選手の大腿直筋厚は、膝伸展トルクとの間に強い相関が示された。一般に、筋力は大腿直筋厚や筋横断面積に比例するが、女性や高齢者ではその関係は低くなることが報告されている。佐藤らは、大腿部における単位筋断面積あたりの筋力(固有筋力)は、女性や高齢者では男性や若年者に比べて有意に低いことを示している<sup>14)</sup>。また、20代の若年女性を対象とした先行研究では、膝伸展筋力や握力と大腿中央部筋組織厚との間に中等度の有意な相関があることが報告されている<sup>15)</sup>。一方、平均年齢12歳の健常男子28名を対象とした調査では、大腿直筋の筋組織厚と跳躍高との間に有意な強い相関があったと述べられている<sup>16)</sup>。これらの結果より、女子ジュニアスポーツ選手における大腿直筋厚は、等尺性膝伸展筋力と強く関連することが示された。

筋輝度は、立ち幅跳び距離、および垂直跳び高との間に中等度の有意な負の相関が示された。Cadoreら<sup>17)</sup>は、大腿直筋における筋輝度と角速度別の膝伸展トルクとの関連について分析した。その結果、筋輝度は高速の膝伸展トルクとの間に強い

表 1 測定項目の実測値および体格比百分率

	実測値		体格比百分率 (%)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
握力 (kg)	22.1	8.3	53.4 <sup>a</sup>	10.6
等尺性膝伸展トルク (Nm)	100.6	37.4	240.2 <sup>a</sup>	40.6
立ち幅跳び距離 (cm)	187.3	28.8	125.0 <sup>b</sup>	13.6
垂直跳び高 (cm)	43.4	7.8	29.0 <sup>b</sup>	4.1
大腿直筋厚 (cm)	1.8	0.3	1.2 <sup>b</sup>	0.2
大腿直筋エコー輝度	75.7	10.7	—	—

a: 体重比百分率 b: 身長比百分率

表 2 筋組織厚・筋輝度と各身体機能 (体格比百分率) との関連

	大腿直筋厚 (身長比百分率: %)		大腿直筋エコー輝度	
	r	p 値	r	p 値
握力 (体重比百分率: %)	-0.2	0.45	-0.26	0.3
等尺性膝伸展トルク (体重比百分率: %)	0.54	0.02*	-0.08	0.75
立ち幅跳び距離 (身長比百分率: %)	0.41	0.09	-0.66**	<0.01
垂直跳び高 (身長比百分率: %)	0.32	0.19	-0.61**	<0.01

\*: p&lt;0.05 \*\* : p&lt;0.01

関連があったことを報告している。また, Giuliani ら<sup>9)</sup>は, 若年成人における大腿部の筋輝度と等尺性膝伸展筋力との関係を分析し, 両者の間に有意な相関は認められなかったと述べている。これらのことから, 女子ジュニアスポーツ選手における大腿直筋の筋輝度は, 等尺性筋力よりも, 相動的な筋力と関連している可能性がある。

従来, 筋厚や筋断面積は, 骨格筋の量的指標として広く用いられてきた。しかしながら, 成長期においては, 骨格筋量などの身体組成や筋力などの身体機能は, 体格の影響を強く受けることが指摘されている<sup>18)</sup>。その一方で, 筋質の指標とされる筋輝度は, 筋内の結合組織や脂肪組織などの非収縮組織を定量化することが可能であり, また身長や体重といった体格の影響を受けないことが報告されている<sup>8)</sup>。本研究においても, 体格で補正された大腿直筋厚は立ち幅跳びや垂直跳びとの間には有意な相関は認められなかったが, 筋輝度は立ち幅跳びや垂直跳びと中等度の相関を認めた。これらの結果より, 筋輝度は, 体格の影響を受けず, 立ち幅跳び距離や垂直跳び高などの身体機能を反映することから, 成長期のジュニアスポーツ選手の筋質評価に有用である可能性が示された。

本研究には, いくつかの限界がある。第 1 に,

女子ジュニアスポーツ選手を対象としたため, 本研究結果が同年代の男子ジュニアスポーツ選手や非競技者にも当てはまるとは限らない。第 2 に, 対象者の競技種目や競技レベルが統一されていない。第 3 に, 第 2 次性徴期前後の時期を含む対象者を募集しているにもかかわらず, 性成熟に関する情報の調査を行えていないことが挙げられる。今後は, 成熟に関する情報の調査を含め, 男子ジュニアスポーツ選手や競技種目別に分析することで, ジュニアスポーツ選手に対する超音波画像を用いた量的・質的評価の意義を検討する必要がある。

## 結 語

本研究では, 女子ジュニアスポーツ選手における大腿直筋の量的・質的指標と身体機能との関連を検討した。女子ジュニアスポーツ選手における大腿直筋の筋輝度は, 立ち幅跳びや垂直跳びといった身体機能と関連することが示された。超音波画像から測定される筋輝度は, 成長期ジュニアスポーツ選手の筋質評価に有用である可能性が示された。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

著者貢献

YY は研究の統括として、研究計画の立案、実験・解析、論文執筆の全てを担当した。YK, HK, NK と WY は、研究者としての立場から、研究デザイン、実験、解析を担当し、研究に対しての助言を行った。TM, MH, TM は、スポーツに関する専門的な知識の提供、被験者や実験環境の調整・整備を担当した。TM は医師の立場から、医学的知見の提供、考察、助言を行った。すべての著者は、最終原稿を熟読した上で、投稿を承認した。

文 献

- 1) Taylor AM, Phillips K, Patel KV, et al. Assessment of physical function and participation in chronic pain clinical trials: IMMPACT/OMERACT recommendations. *Pain*. 2016; 157: 1836.
- 2) Van Ingen Schenau GJ, Bobbert MF, Huijing P, et al. The instantaneous torque-angular velocity relation in plantar flexion during jumping. *Med Sci Sport Exer*. 1985; 17: 422-426.
- 3) Helen ME. Motor development. Charles E Merrill; 213-259, 1980.
- 4) Matsuo A, Fukunaga T. The effect of age and sex on external mechanical energy in running. In: *Biomechanics*. 1977.
- 5) Taniguchi M, Fukumoto Y, Kobayashi M, et al. Quantity and quality of the lower extremity muscles in women with knee osteoarthritis. *Ultrasound in Medicine and Biology*. 2015; 41: 2567-2574.
- 6) Reimers K, Reimers CD, Wagner S, et al. Skeletal muscle sonography: a correlative study of echogenicity and morphology. *J Ultrasound Med*. 1993; 12: 73-77.
- 7) Arts IM, Pillen S, Schelhaas HJ, et al. Normal values for quantitative muscle ultrasonography in adults. *Muscle Nerve*. 2010; 41: 32-41.
- 8) Fukumoto Y, Tateuchi H, et al. Effects of high-velocity resistance training on muscle function, muscle properties, and physical performance in individuals with hip osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2014; 28: 48-58.
- 9) Giuliani HK, Laffan MR, Trivisonno AJ, et al. Measuring muscle quality: associations between echo intensity and normalized strength and power. *Physiol Meas*. 2021; 42.
- 10) Gerstner GR, Giuliani HK, Mota JA, et al. Influence of muscle quality on the differences in strength from slow to fast velocities in career firefighters. *Strength Cond Res*. 2018; 32: 2982-2986.
- 11) Isaka M, Sugimoto K, Yasunobe Y, et al. The usefulness of an alternative diagnostic method for sarcopenia using thickness and echo intensity of lower leg muscles in older males. *J Am Med Dir Assoc*. 2019; 20: 1185e1-1185e8.
- 12) Watanabe Y, Yamada Y, Fukumoto Y, et al. Echo intensity obtained from ultrasonography images reflecting muscle strength in elderly men. *Clin Interv Aging*. 2013; 8: 993-998.
- 13) Watanabe Y, Yamada Y, Yoshida T, et al. Relationship between physical fitness at the end of pre-season and the inseason game performance in Japanese female professional baseball players. *J Strength Cond Res*. 2019; 33: 1580-1588.
- 14) 佐藤広徳, 三浦 朗, 佐藤美紀子, 他. 日本人成人男女 259 名における大腿部筋群横断面積と筋力の年齢変化について. *体力科学*. 1999; 48: 353-364.
- 15) 金指美帆, 坂本裕規, 藤野英己. 若年女性の下肢筋力と中間広筋厚の関連および握力の測定意義. *ヘルスプロモーション理学療法研究*. 2014; 3: 173-176.
- 16) Stock MS, Mota JA, Hernandez JM, et al. Echo intensity and muscle thickness as predictors of athleticism and isometric strength in middle-school boys. *Muscle Nerve*. 2017; 55: 685-692.
- 17) Cadore EL, Izquierdo M, Conceicao M, et al. Echo intensity is associated with skeletal muscle power and cardiovascular performance in elderly men. *Exp Gerontol*. 2012; 47: 473-478.
- 18) Adirim TA, Cheng TL. Overview of injuries in the young athlete. *Sports Med*. 2003; 33(1): 75-81.

(受付：2023 年 8 月 9 日, 受理：2024 年 3 月 11 日)

## Relationship between quantitative and qualitative indices of rectus femoris muscle and physical function in junior female athletes

Yamada, Y.<sup>\*1</sup>, Kai, Y.<sup>\*2</sup>, Koda, H.<sup>\*3</sup>  
Kida, N.<sup>\*4</sup>, Watanabe, Y.<sup>\*5</sup>, Matsui, T.<sup>\*1</sup>  
Hiramoto, M.<sup>\*1</sup>, Miyazaki, T.<sup>\*1</sup>, Morihara, T.<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Department of Rehabilitation, Marutamachi Rehabilitation Clinic

<sup>\*2</sup> Faculty of Health Science, Kyoto Tachibana University

<sup>\*3</sup> Department of Rehabilitation, Faculty of Health Science, Kansai Welfare Science University

<sup>\*4</sup> Faculty of Arts and Sciences, Kyoto Institute of Technology University

<sup>\*5</sup> Faculty of Sport Study, Biwako Seikei Sport College

**Key words:** Female athlete, Ultrasound, Echo intensity

**[Abstract]** The purpose of this study was to examine the relationship between quantitative and qualitative indices of rectus femoris muscle and physical function in junior female athletes.

We included 18 junior female athletes who participated in the Kyo no Kodomo Diamond Project. Muscle thickness was evaluated as a quantitative index, and muscle intensity was evaluated as a qualitative index of muscle. Standing long jump distance and vertical jump height, as well as grip strength and isometric knee extension torque, were measured.

Muscle thickness revealed significant positive correlations with isometric knee extension torque ( $r=0.86$ ). Muscle intensity demonstrated significant negative correlations with standing long jump distance ( $r=-0.55$ ) and vertical jump height ( $r=-0.59$ ).

In junior female athletes, qualitative indices of rectus femoris muscle were found to be associated with jump performance. Specifically, muscle thickness and muscle intensity were identified as explanatory variables that may contribute to jump performance.